AMPHIBOLES

Penfield & Stanley

CT

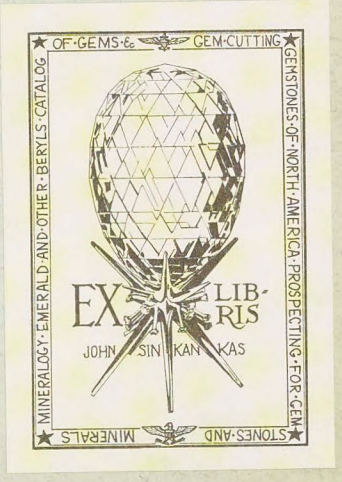
Über die chemische Zusammensetzung des Amphibols

von

S. L. Penfield (†) und **F. C. Stanley**

Mit 5 Figuren im Text

Sonderabdruck aus: »Zeitschrift für Krystallographie usw.« XLIII. Band, 2. u. 3. Heft



Leipzig
Wilhelm Engelmann
1907

Inhalt des 2. u. 3. Heftes

Seite

XI. *R. Scharitzer*, Beiträge zur Kenntnis der chemischen Constitution und der Genese der natürlichen Eisensulfate. VI. Mit 2 Textfiguren . . 113
XII. *B. Goßner*, über Isomorphie. Mit 1 Textfigur 130
XIII. *L. Wagner*, krystallographisch-chemische Untersuchung der Halogenide aliphatischer Ammoniumbasen. Mit 46 Textfiguren 148
XIV. *C. Viola*, der Albit aus der Nurra (Sardinien). Mit 4 Textfiguren . . 202
XV. *Derselbe*, Theorie und Anwendung der symmetrischen Minimalablenkung durch anisotrope Prismen. Mit 14 Textfiguren 210
XVI. *S. L. Penfield (†)* und *F. C. Stanley*, über die chemische Zusammensetzung des Amphibols. Mit 5 Textfiguren 233
XVII. *G. Smolař*, die Berechnung der Zwillinge in den schiefwinkeligen Coordinatensystemen. Hierzu Tafel II und III 261
XVIII. *Auszüge.*
1. *T. Wada*, Mineralien Japans 281
2. *H. Steinmetz*, Krystallform von Iridiumammoniumpolysulfid $Ir(S_5)_3(NH_4)_3$ 296
3. *A. Sachs*, Krystallform von Uranyldoppelsalzen 296
4. *A. Fock*, krystallographische Untersuchung von Derivaten des fünfwertigen asymmetrischen Stickstoffes 298
5. *F. v. Wolff*, krystallographische Untersuchung organischer Verbindungen 299
6. *G. Bredig* und *G. v. Schukowsky*, Prüfung der Natur der flüssigen Krystalle mittels elektrischer Kataphorese 301
7. *W. Autenrieth*, über den mikrochemischen Nachweis des Strontiums und über Strontiumchromat 302
8. *G. A. Hulett*, die Löslichkeit des Gypses in ihrer Abhängigkeit von der Größe der Partikeln und von den verschiedenen Krystallflächen 302
9. *F. L. Dunlap* und *E. H. Kraus*, Dimorphie und Krystallform des Phtalylphenylhydrazins 302
10. *E. B. Hutchins*, Krystallform von Silbertellurat 303
11. *J. F. Kemp*, die Kupferlagerstätten bei San Jose, Tamaulipas, Mexiko 303
12. *Th. H. Read*, Platin und Palladium in gewissen Kupfererzlagerstätten 304
13. *J. F. Kemp*, secundäre Anreicherung in Kupfererzlagerstätten . . 304
14. *G. F. Becker* und *A. L. Day*, die lineare Kraft wachsender Krystalle 304
15. *Dieselben*, ein interessantes pseudofestes Gebilde 304
16. *Ch. R. van Hise*, über Metamorphismus 305
17. *A. L. Day* und *E. F. Allen* mit *J. P. Iddings*, Isomorphie und thermische Eigenschaften der Feldspäte 314
18. *W. T. Schaller*, Krystallographie des Lepidoliths 315
19. *W. P. Blake*, Jodobromit von Arizona 315
20. *C. H. Smyth jr.*, Ersetzung von Quarz durch Pyrit und Corrosion von Quarzgeschieben 315
21. *N. N. Evans*, Chrysoberyll aus Canada 315
22. *G. C. Hoffmann*, Souesit, eine natürliche Eisennickellegierung aus den goldführenden Sanden des Fraser, Prov. Brit. Columbia, Canada 316
23. *B. J. Harrington*, über eine interessante Art von Stinkkalk und die Ursache seines Geruches 316
24. *W. E. Hidden*, einige Resultate der letzten Mineralnachforschungen in Llano County, Texas 316
25. *G. A. Waring*, Quarz von San Diego County, Californien 317

(Die Fortsetzung des Inhalts befindet sich auf der dritten Seite des Umschlages)

JSL
RTLO13331

XVI. Über die chemische Zusammensetzung des Amphibols.

Von

S. L. Penfield (†) und **F. C. Stanley**[1]) in New Haven, Conn.

(Mit 5 Textfiguren.)

In Anbetracht des häufigen Vorkommens der Hornblende und der bedeutenden Rolle, die sie als gesteinsbildendes Mineral spielt, hat man ihre chemische Zusammensetzung wiederholt zum Gegenstande der Untersuchung gemacht. Es wurde so zwar eine große Zahl analytischer Daten gewonnen, aber eine befriedigende Erklärung für den Wechsel in der chemischen Zusammensetzung steht noch aus. Wir gingen deswegen an die vorliegende Untersuchung in der Hoffnung, einige sorgfältigst ausgeführte Analysen mit

1) Anmerkung. Prof. Penfield beschäftigte sich schon seit Jahren mit dem Problem der chemischen Zusammensetzung der Amphibole; aber es ergab sich keine günstige Gelegenheit zur Ausführung der Arbeit, bis vor zwei Jahren Herr F. C. Stanley unter Leitung von Penfield die in dieser Abhandlung enthaltenen Analysen begann. Sie bilden die Grundlage für die Dissertation des Herrn F. C. Stanley (1905). Die Analysenresultate wurden damals nicht veröffentlicht; denn Prof. Penfield hoffte, die Untersuchung weiter führen und vervollständigen zu können. Aber Herr F. C. Stanley war durch Umstände an der Weiterführung verhindert, und so schrieb Mai und Juni 1906 Prof. Penfield die Untersuchung nieder, so weit sie gediehen war. Nach seinem Tode im vergangenen August wurde das Manuscript der vorliegenden Abhandlung in seinem Pulte gefunden. Glücklicher Weise war es so weit gediehen, daß es möglich ist, es fast genau so zu veröffentlichen, wie es Prof. Penfield hinterließ. Nur einige stilistische Correcturen wurden gemacht und dann noch der Schluß (überschrieben Zusammenfassung und Schluß) angefügt.

Prof. Penfield hätte ohne Zweifel die Abhandlung noch etwas erweitert durch Discussion von Analysen aus der Literatur und das ganze Manuscript, gemäß seiner Gepflogenheit, einer gründlichen Revision unterworfen. Aber wie es vorliegt, bildet es einen klaren, wohlausgearbeiteten Beitrag nicht nur zum Problem der chemischen Zusammensetzung der Amphibole, sondern auch zu dem weiteren Problem der Zusammensetzung pneumatolytischer Mineralien überhaupt. W. E. Ford.

Material von unzweifelhafter Reinheit möchten einen Schlüssel dazu bieten, einige der Schwierigkeiten aufzuklären. Es ist zu beachten, daß die vorliegende Abhandlung nur eine vorläufige ist; wir beabsichtigen, noch weitere Analysen auszuführen; vorerst müssen wir die Untersuchung abbrechen. Aber die erhaltenen Daten bieten wohl hinreichendes Interesse, um ihre Publication rechtfertigen zu können. Es wurden auch die optischen Eigenschaften der verschiedenen analysierten Varietäten untersucht; wir können sie aber erst später bringen.

In Handbüchern und Abhandlungen über Mineralogie findet man fast immer die von Tschermak[1]) vorgeschlagenen Formeln angeführt. Die Auffassung von Tschermak ist kurz die folgende: Dem Tremolit, dem einfachsten Glied aus der Hornblendegruppe, kommt die Formel $CaMg_3Si_4O_{12}$ zu, der gewöhnlichen grünen Hornblende, dem Aktinolith, die Formel $Ca(Mg,Fe)_3Si_4O_{12}$. In den Varietäten mit beträchtlichen Mengen von Sesquioxyden wird die Existenz eines Alumosilicates $(Ca,Mg)_2Al_4Si_2O_{12}$, bez. einer entsprechenden Ferriverbindung $(Ca,Mg)_2Fe_4Si_2O_{12}$ angenommen. Diese beiden letzten Moleküle sind nur hypothetisch; sie gelten als isomorph mit $Ca(Mg,Fe)_3Si_4O_{12}$, aber die ihnen entsprechenden reinen Verbindungen wurden nicht beobachtet. Ein Alkaligehalt wird der Existenz der Metasilicatmoleküle $Na_2Al_2Si_4O_{12}$ und $K_2Al_2Si_4O_{12}$ zugeschrieben. Das erstere ist analog dem Jadeït $NaAlSi_2O_6$. Das Wasser rührt von Veränderung her. Für das Fluor, das im Amphibol fast nie fehlt, ist in den Formeln kein Platz vorgesehen. In seiner letzten Veröffentlichung[2]) gibt Tschermak für die Amphibolgruppe die Formeln $CaMg_3Si_4O_{12}$, $CaFe_3Si_4O_{12}$ und die beiden Alumosilicate $CaMg_2Al_2Si_3O_{12}$ und $Na_2Al_2Si_4O_{12}$ an.

Gewiß kann man durch Combination der verschiedenen von Tschermak angenommenen Moleküle theoretische Zusammensetzungen berechnen, welche ziemlich nahe auf die eine oder andere Analyse stimmen. Aber im allgemeinen findet man, daß die Formeln in mancherlei Hinsicht nicht befriedigen, wenn man sie sorgfältig mit vorhandenen Analysen vergleicht. Tschermak gesteht zu, daß das Problem zahlreiche Schwierigkeiten in sich birgt.

Rammelsberg[3]) tut dar, daß Hornblendeanalysen mit der Formel $R''SiO_3$, wobei $R = Ca, Mg, Fe, Mn, Na_2$ und K_2 ist, plus wechselnden Mengen von Al_2O_3 (und Fe_2O_3) übereinstimmen; diese Formel läßt sich jedoch nicht anwenden auf den Arfvedsonit und verwandte Glieder der Hornblendegruppe, welche reich an Natrium und Sesquioxyden sind. Im wesentlichen sind die Formeln von Tschermak und Rammelsberg gleich;

1) Mineralog. Mitteil. 1871, **1**, 41.
2) Lehrbuch der Mineralogie 1894, S. 458.
3) Mineralchemie 1875, S. 394.

$Ca(Mg, Fe)_3Si_4O_{12}$ nach Tschermak ist äquivalent $4RSiO_3$; die Alumosilicatmoleküle $(Ca, Mg)_2Al_4Si_2O_{12}$ entsprechen $2RSiO_3 + 2Al_2O_3$. Ein Unterschied liegt darin, daß nach Tschermak der Alkaligehalt von den Molekülen $Na_2Al_2Si_4O_{12}$, bez. $Na_2Fe_2Si_4O_{12}$ herrührt, während Rammelsberg Isomorphie von Na_2SiO_3 mit $CaSiO_3$ und $MgSiO_3$ annimmt. Keiner von beiden berücksichtigt den Wasser- und Fluorgehalt; dieser ist, wie wir zeigen werden, wesentlich. Wasser und Fluor bilden oft hervorragende Bestandteile der Hornblende und dürfen nicht unberücksichtigt bleiben.

Von verschiedenen Seiten kamen zahlreiche andere Formeln. Diese stützen sich jedoch meist auf Analysen einzelner Stücke; wir können sie hier wohl übergehen.

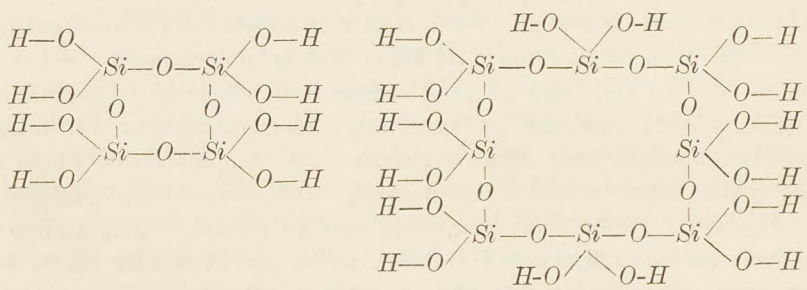
Bevor wir die neuen Analysen anführen und discutieren, wollen wir noch einiges vorausschicken.

Zunächst sei hervorgehoben, daß die Amphibole eine ungewöhnlich große Anzahl von Bestandteilen enthalten, nämlich SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, FeO, MnO, MgO, CaO, Na_2O, K_2O, H_2O, F. Wir finden von den Metallen drei-, zwei- und einwertige. Wenn man eine annehmbare Formel aufstellen will, muß man Wasserstoff und Fluor richtig unterbringen. Bei einem Mineral, das so viele und so verschiedene Bestandteile in so wechselnden Mengen enthält, erscheint es vernünftig, eine complexe chemische Structur anzunehmen. Man vergleiche z. B. Amphibol mit Olivin und man findet einen scharfen Unterschied. Die Formel des letzteren ist $(Mg, Fe)_2SiO_4$. Wenn man, abgesehen von Verunreinigungen, andere Bestandteile als SiO_2, MgO und FeO findet, so ist dies NiO oder MnO; beide kann man als isomorph mit MgO annehmen. Bei dem, was man unter einfachen chemischen Verbindungen versteht, findet man nur solche Bestandteile, die sich nach Valenz und Stellung im periodischen System ähnlich sind und so auch in Übereinstimmung mit der gewöhnlichen Fassung des Isomorphiebegriffes stehen, z. B. FeO und MnO isomorph mit MgO. Es ist auch zu erwähnen, daß im allgemeinen Na_2O nicht isomorph mit K_2O oder CaO, CaO nicht isomorph mit MgO ist; solche Bestandteile finden sich neben einander gewöhnlich in Doppelsalzen. Beim Amphibol jedoch treten solche unähnliche Bestandteile wie H_2O, Na_2O, CaO, MgO und Al_2O_3, infolge der complexen chemischen Structur, wie wir glauben und infolge des Masseneffectes[1]) wie es der Eine von uns nannte, auf irgend eine Weise in das Molekül als isomorphe Constituenten oder Radicale ein, ein Resultat, das wir bei einfachen chemischen Verbindungen nicht antreffen und auch wohl nicht antreffen werden.

Ziehen wir andererseits die große Verschiedenheit der chemischen Zusammensetzung bei den verschiedenen Gliedern der Amphibolgruppe,

1) S. Amer. Journ. Sc. 1902, **14**, 211. Diese Zeitschr. **36**, 545.

einschließlich Glaukophan, Riebeckit und Arfvedsonit in Betracht, die alle nach Krystallform, Spaltbarkeit, Prismenwinkel ähnlich sind, so müssen wir irgend eine Ursache annehmen, die diese Ähnlichkeit der krystallographischen Eigenschaften bedingt und wir glauben, daß diese bestimmende Ursache die Säure ist. Aus der Zusammensetzung der einfachsten Mineralien der Hornblendegruppe, des Tremolit und Aktinolith, scheint endgültig zu folgen, daß die Mineralien der Hornblendegruppe Salze einer Metakieselsäure, nicht notwendig von H_2SiO_3, aber eines Vielfachen davon sind. Tschermak nimmt $H_8Si_4O_{12}$ als stöchiometrische Formel der Amphibolsäure an; daß dieses oder ein Vielfaches hiervon richtig ist, dafür sprechen auch Gründe. Leider besitzen wir bis jetzt kein Mittel, um die Molekulargröße im krystallisierten Zustande zu bestimmen. Metasilicate kann man leicht structurell als Ringformeln schreiben; sind solche Formeln auch nur hypothetisch, so sind sie doch anschaulich und daher verwendbar. Ist $H_8Si_4O_{12}$ oder vielleicht $H_{16}Si_8O_{24}$ die Formel der Amphibolsäure, so kann man sie am natürlichsten in folgender Weise darstellen:



Daß die Amphibolsäure Ringstructur hat, ist zwar durchaus nicht bewiesen, aber doch wenigstens innerhalb der Grenzen des Möglichen; wie wir in der organischen Chemie den Benzolring haben mit seiner großen Bedeutung für zahlreiche Verbindungen, so können wir in der Mineralchemie von einem wahrscheinlichen Amphibolring sprechen, indem wir dabei eine gewisse bestimmende Kraft im Auge haben, welche eine Art der Krystallform bedingt, die für die Mineralien der Amphibolgruppe charakteristisch ist. Später werden wir auseinandersetzen, daß *Ca*-Atome ein Viertel des Wasserstoffs der Hornblendesäure ersetzen und so ist möglicher Weise die Lage dieser besonderen Wasserstoffatome von Bedeutung, ebenso wie in der organischen Chemie die Ortho- oder Metastellung im Benzolringe bestimmende Factoren sind.

Wie schon erwähnt, glauben wir, daß dem Amphibol eine complexe molekulare Structur zukommt; man kann ihn nicht leicht künstlich herstellen; nach dem Schmelzen und Abkühlen entstehen einfachere Verbindungen, speciell Pyroxen. Wenn die Ringtheorie richtig ist, dann muß man annehmen, daß beim Schmelzen der Amphibolring aufgespalten wird

und daß er unter gewöhnlichen Hitze- und Druckbedingungen nicht zurückgebildet werden kann.

Soweit wir wissen, ist Amphibol erst einmal von Chrustchoff[1]) künstlich hergestellt worden. Dieser schöne und zu wenig bekannte Versuch ist so wichtig und wirft soviel Licht auf die Bildung der Hornblende in der Natur, daß wir kurz das Verfahren von Chrustchoff beschreiben wollen. Durch Dialyse wurden sorgfältig wässerige Lösungen von Kieselsäure, Thonerde und Eisenhydroxyd dargestellt; ferner kam zur Verwendung frisch gefälltes Ferrohydroxyd, Kalkwasser, Magnesiumhydroxyd, in Wasser suspendiert, und Natrium und Kaliumhydroxyd. Beim Vermengen dieser Bestandteile entstand eine ziemlich starre gelatinöse Masse, welche in mehrere Glasbomben eingefüllt wurde. Die Bomben wurden evacuiert, luftdicht verschlossen und dann drei Monate lang auf 350° C. ununterbrochen erhitzt. Einige Bomben platzten. Drei hielten dem starken Drucke Stand. Beim Öffnen fand sich darin eine bräunliche Abscheidung mit wohlausgebildeten, dunkel gefärbten lebhaft glänzenden Krystallen, 1 mm lang und $\frac{1}{4}$ mm dick. Sie zeigten die gewöhnlichen Hornblendeformen: $b\{010\}$, $m\{110\}$ und $r\{011\}$. Der Prismenwinkel konnte nur annähernd gemessen werden; aber $r : r' = (011) : (0\bar{1}1)$ gab genau 31° 32′, gleich einem der Fundamentalwinkel der Hornblende nach Kokscharow. Im folgenden ist eine Analyse der Krystalle und eine solche des schwarzen Amphibols (Hornblende) von Edenville, N. Y., von Stanley angegeben:

	Künstliche Krystalle:		Edenville:	
Spec. Gewicht	3,245		3,284	
SiO_2	42,35		41,99	
TiO_2	—		1,46	
Al_2O_3	8,11	16,02	11,62	14,29
Fe_2O_3	7,91		2,67	
FeO	10,11	24,44	14,32	25,74
MnO	—		0,25	
MgO	14,33		11,17	
CaO	13,21		11,52	
Na_2O	2,18		2,49	
K_2O	1,87		0,98	
H_2O (Glühverl.)	0,91		0,53	
(H_2O bei 110°)	—		0,08	
F	—		0,80	
	100,98		99,83	

1) Neues Jahrb. f. Miner. usw. 1891, **2**, 86; diese Zeitschr. **22**, 297. (In einer neueren Abhandlung: Mineralien von der Zusammensetzung $MgSiO_3$; Fall von Tetramorphie, Amer. Journ. Sci. 1906, **22**, Nov., beschreiben E. T. Allen, F. E. Wright und J. K. Clement die Synthese rhombischer und monokliner Pyroxene und Amphibole. Die monoklinen Amphibole waren nur schwer und nur in kleinen Mengen und mikroskopischen Krystallen zu erhalten. W. E. Ford.)

Die beiden Analysen gleichen sich sehr, besonders wenn man in Erwägung zieht, daß der höhere Gehalt des Minerals von Edenville an Al_2O_3 und FeO durch einen geringen Gehalt an Fe_2O_3 und MgO ausgeglichen wird.

Der Umstand, daß man nach den gewöhnlichen synthetischen Methoden Amphibol nicht herstellen kann und die erfolgreichen Versuche von Chrustchoff weisen deutlich darauf hin, daß die Bedingungen für die Bildung des Minerals, nämlich die gemeinsame Wirkung von Hitze und Druck während einer längeren Zeitdauer, wie sie gewöhnlich in der Natur gefunden werden, im Laboratorium nur schwer zu erreichen sind. Amphibol verdankt seine Entstehung ohne Zweifel dem, was man pneumatolytische Wirkung nennt, nämlich wässerigen Dämpfen und anderen Gasen, welche unter der gleichzeitigen Einwirkung von Hitze und Druck stehen. In Mineralien von solcher Entstehung findet man Wasser neben Wasserstoff, der die Rolle eines Metalles spielt, Hydroxyl, Fluor und, wie das beim Turmalin der Fall ist, Bor. Viele solche Mineralien besitzen complicierte chemische Formeln, vielleicht eine Folge ihrer Entstehungsweise, von Druck und anderen Agentien, welche eine verwickeltere Molekularstructur zur Folge haben, als man im allgemeinen findet. Bei manchen dieser pneumatolytischen Mineralien, z. B. beim Amphibol, Turmalin, bei den Glimmern findet man eine große Anzahl von Elementen von verschiedener Wertigkeit, welche in gewissem Sinne einander isomorph vertreten.

Trotz des Umstandes, daß pneumatolytische Mineralien, wenn überhaupt, sich nur schwierig auf synthetischem Wege herstellen ließen, kann man doch aus ihrem gewöhnlichen Vorkommen in der Natur schließen, daß ihre Herstellung sich verhältnismäßig leicht gestaltet, wenn nur einmal die richtigen Bedingungen gewonnen werden. Ein passendes Gefäß mit elektrischer Heizvorrichtung, das hohen Druck erlaubt, bietet wahrscheinlich die günstigen Bedingungen für die Synthese zahlreicher pneumatolytischer Mineralien und läßt befriedigende Resultate erwarten.

Unsere Voraussetzungen seien nochmals wiederholt: Hornblende ist vermutlich ein Mineral von complexer Molekularstructur, ein Salz eines Vielfachen von H_2SiO_3, wahrscheinlich einer Säure mit Ringstructur. Die Zahl der Si-Atome im Ringe läßt sich jedoch nicht feststellen. Auch ist es wahrscheinlich, daß die Zahl der Si-Atome im Amphibolmolekül und ihre Anordnung, sei sie wie sie wolle, einen wesentlichen Einfluß ausüben derart, daß durch Massenwirkung die Wasserstoffatome der Säure durch Elemente verschiedener Wertigkeit und durch Radicale ersetzt werden können, ohne daß dadurch die Krystallform wesentlich geändert wird.

Auswahl und Vorbereitung des Materials für die neuen Analysen. Wir waren bemüht, solches Material zu finden, das große Unterschiede in

der chemischen Zusammensetzung zeigte und so rein wie möglich erschien. Die meisten Handstücke nahmen wir aus der Brush Collection; sie waren in der Regel gut krystallisiert. Zunächst erfolgte Auslese mit der Hand. Dann wurde gepulvert und durch Sieben eine einheitliche Korngröße gewonnen. Mittels schwerer Lösung gewannen wir jeweils einen Teil, welcher innerhalb enger Grenzen schwebte und sank. Bei den leichteren Varietäten gelangte Kaliumquecksilberjodid, bei den schweren Baryumquecksilberjodid zur Verwendung. Das Pulver wurde immer sorgfältigst gewaschen; bei der mikroskopischen Prüfung konnte man Verunreinigungen nicht entdecken. Es ist nochmals ausdrücklich zu betonen, daß das gesamte analysierte Material von der größtmöglichen Reinheit war.

Analysenmethode. Zur Anwendung gelangten die schon lange im hiesigen Laboratorium benutzten Methoden, wie sie im wesentlichen Clarke und Hillebrand[1]) und Washington[2]) vorgeschlagen haben. Die Analysen führte Stanley aus, der eigens zu diesem Zwecke vorher an künstlichen Gemengen mit den Trennungsmethoden sich vertraut machte. Bei Anwesenheit von viel Eisen und Thonerde geschah deren Trennung von der Magnesia durch Fällung der basischen Acetate. Fluor bestimmten wir nach der von Penfield und Minor[3]) verbesserten Methode von Berzelius. Nach Vorversuchen mit künstlichen Gemengen, welche dieselben Bestandteile in ungefähr derselben Menge wie Amphibol enthielten, sind wahrscheinlich die Werte für Fluor um 0,10—0,15% zu niedrig. Der Wassergehalt wurde nach der Methode, wie sie der Eine[4]) von uns vorgeschlagen hatte, bestimmt. Manchmal, besonders im ersten Teile unserer Untersuchung, wurde dasselbe Material vier- oder sechsmal analysiert, um möglichste Genauigkeit zu erreichen. Von wenigen Fällen abgesehen, bestimmten wir alle Bestandteile zweimal.

Neue Analysen und Discussion der Resultate. Vom Amphibol existieren mehrere Varietäten; manche davon führen eigene Namen. Am besten beginnen wir mit den einfachsten. Die Discussion der Analysen gründet sich auf die Verhältnisse, die man durch Division der Procentzahlen für die einzelnen Bestandteile durch deren Molekulargewichte erhält. Beim Fluor wurde die Procentzahl durch das Zweifache des Atomgewichtes dividiert, um die Quotienten denen für H_2O vergleichbar zu machen; zwei Fluoratome sind äquivalent zwei Hydroxylradicalen, dargestellt in den Analysen durch die Wasserstoffatome von H_2O. Wasserstoff spielt ohne Frage eine doppelte Rolle im Amphibol und zahlreichen anderen Mineralien mit

1) Analyses of Rocks and Analytical Methods. U. S. G. S. Bull. 148.
2) The Chemical Analysis of Rocks.
3) Amer. Journ. of Sci. 1894, **17**, 387.
4) Amer. Journ. of Sci. 1894, **18**, 31.

einer complexen chemischen Structur. Zum Teil gehört er zum Sauerstoff und bildet damit Hydroxyl (*OH*), mit dem Charakter eines einmetallischen säurebildenden Elementes, wie seine Isomorphie mit Fluor zeigt; zum Teil ist der Wasserstoff basisch wie ein Metall, indem H_2 mit Na_2, *Ca* und *Mg* oder H_2O mit Na_2O, *MgO* usw. isomorph ist, in Übereinstimmung mit der gewöhnlich bei Analysen angewandten Schreibweise. Wieviel Wasserstoff als Hydroxyl und wieviel als basischer Bestandteil vorhanden ist, kann anscheinend nach den gewöhnlichen Methoden der Wasserbestimmung nicht ermittelt werden. In beiden Fällen geht das Wasser erst beim starken Glühen weg. Wir sind von der Reinheit unseres Materials so sehr überzeugt, daß hygroskopisches Wasser oder Wasser herrührend von Zersetzung nicht in Frage kommt; auch Krystallwasser ist nicht vorhanden.

Nach der angenommen Bildungsweise des Amphibols durch pneumatolytische Wirkung treten Hydroxyl wie Fluor in die Zusammensetzung des Minerals ein; man muß sie mit den anderen Bestandteilen betrachten. Wasser als eine Base, isomorph mit Na_2O, *CaO*, *MgO* usw. muß man ebenfalls in Betracht ziehen. Dies ist so wichtig, daß wir am besten auf ein einfaches, aber instructives Beispiel Bezug nehmen, das der Eine[1]) von uns bei der Untersuchung einer sehr reinen Varietät von Anthophyllit antraf. Zuerst wurde das Wasser als Glühverlust bei dunkler Rotglut bestimmt und zu nur 0,19 % gefunden. Nach Vollendung der Analyse erwies sich die Gesamtsumme der Bestandteile unbefriedigend, ebenso das Verhältnis von SiO_2 zu den Basen, *FeO*, *MgO* mit Spuren von *MnO* und *CaO*. Wir gingen an die Aufklärung dieses Fehlers; wir erhitzten das gepulverte Mineral vor dem Gebläse im geschlossenen Rohre auf eine sehr hohe Temperatur und fanden, daß reichlich Wasser wegging. Mit diesem Wassergehalte, 1,67 %, stieg die Summe der einzelnen Bestandteile auf 99,99 % und $SiO_2 : FeO + MnO + MgO + CaO + H_2O$ wurde 1,00 : 0,997. Bei dieser verhältnismäßig einfachen Verbindung von Kieselsäure und Monoxyden kann kein Zweifel bestehen, daß H_2O isomorph mit *MgO* und *FeO* ist.

Neben dem Verhältnis von Kieselsäure zu den Monoxydbasen interessiert noch der relative Anteil der einzelnen Basen einander gegenüber. Die Zahlen hierfür finden sich in Procenten ausgedrückt bei jeder Analyse.

Die Analysen sind folgende:

Tremolit.

Von diesem Mineral, das den einfachsten Amphiboltypus darstellt, machten wir zwei Analysen. Wir wählten absichtlich zwei entfernt liegende Vorkommen, die sich stark im Aussehen und in der Art des Auftretens unterschieden.

1) Amer. Journ. of Sci. 1890, **11**, 394.

I. Tremolit von Richville, nahe Gouverneur, New York. Dieser Fundort ist berühmt durch seine braunen, weltbekannten Turmaline. Das Handstück bestand aus einer Masse großer weißer Krystalle, einige davon zeigten deutliche Begrenzung und die gewöhnlichen Formen $m\{110\}$, $b\{010\}$, $r\{011\}$. Abgebrochene Splitter erwiesen sich als vollkommen durchsichtig. In der schweren Flüssigkeit schwamm das Material bei 3,002 und sank bei 2,992. Als mittleres specifisches Gewicht nehmen wir also 2,997. Die Analysenresultate sind:

	I.	II.	Mittel:	Verhältnis:	Proc. der basischen Monoxyde:	
SiO_2	57,47	57,43	57,45	0,957	—	
TiO_2	—	—	—	—	—	
Al_2O_3	1,28	1,32	1,30	0,014	—	
Fe_2O_3	0,18	0,18	0,18			
FeO	0,22	0,22	0,22	0,958	0,3	65,2
MnO	0,07	—	0,07		0,1	
MgO	24,87	24,83	24,85		64,8	
CaO	12,84	12,94	12,89		24,0	25,8
K_2O	0,49	0,58	0,54		0,7	
Na_2O	0,68	0,66	0,67		1,1	
H_2O	1,30	1,20	1,16		6,9	
F_2	0,77	—	0,77		2,1	
Verlust bei 110°	—	—	0,09		100,00	
			100,19			
		$O = F_2$	0,32			
			99,87			

Die Verhältnisse dieser und der folgenden Analysen sollen später erörtert werden.

II. Tremolit von Lee, Mass. Dieses Mineral bestand aus blätterigen Krystallen, sie zeigten nur etwas gestreifte Prismen und waren in graulichweißen, feinkörnigen, krystallinischen Dolomit eingebettet. Deutliche Endflächen fanden wir nie. Die Farbe ist graulichweiß; kleine Bruchstücke sind farblos und durchsichtig. Die Krystalle wurden zuerst sorgfältig mit der Hand ausgesucht, dann gepulvert und gesiebt. Das gleichmäßige Pulver wurde dann kurze Zeit mit warmer verdünnter Salzsäure behandelt, um Spuren von anhaftendem Dolomit zu entfernen. Das analysierte Material schwamm bei 2,984 und sank bei 2,975; das Mittel ist 2,980. Die Analysenresultate sind auf S. 242 oben angegeben.

Aktinolith.

Von dem grünen Amphibol, der durch einen geringen Gehalt an Sesquioxyden charakterisiert und unter dem Namen Aktinolith bekannt ist, analysierten wir vier Varietäten. Nach Fundort, Vergesellschaftung und Art des Vorkommens sind sie möglichst verschieden.

	I.	II.	Mittel:	Verhältnis:		Proc. der basischen Monoxyde:	
SiO_2	57,61	57,78	57,69	0,961	0,963	—	
TiO_2	0,14	0,14	0,14	0,002			
Al_2O_3	1,85	1,75	1,80	0,018	0,018	—	
Fe_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,000			
FeO	0,55	0,55	0,55	0,007	0,954	0,7	64,2
MnO	Spur	Spur	Spur	0,000		0,0	
MgO	24,12	24,12	24,12	0,606		63,5	
CaO	13,07	13,30	13,19	0,236		24,7	25,7
K_2O	0,22	—	0,22	0,002		0,2	
Na_2O	0,48	—	0,48	0,008		0,8	
H_2O	1,76	1,61	1,56	0,087		9,0	
F_2	0,37	—	0,37	0,011		1,1	
Verl. bei 110°	—	—	0,10			100,0	
			100,22				
	$O = F_2$		0,15				
			100,07				

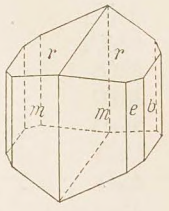
III. Aktinolith vom Greiner in Tirol. Handstück Nr. 349, Brush Collection. Dies ist eines der wohlbekannten Vorkommen, wo Krystalle von schöner, dunkelgrüner Farbe und der Combination $m\{110\}$ und $b\{010\}$ eingebettet in Talk sich finden. Das Material für die Analyse wurde zuerst mit der Hand ausgesucht. Die Krystalle waren noch mit feinem talkigem Pulver überzogen und wurden deswegen kurze Zeit mit einem Gemisch warmer verdünnter Salzsäure und Flußsäure behandelt, was sie rein und glänzend machte. Die zerbrochenen und gesiebten Körnchen erwiesen sich unter dem Mikroskop als tadellos rein. Ein ganz kleiner Teil enthielt winzige schwarze Körner, wahrscheinlich Magnetit; sie ließen sich durch die schwere Flüssigkeit entfernen. Das analysierte Material schwamm bei 3,058 und sank bei 3,036; das mittlere specifische Gewicht ist also 3,047. Die Resultate der Analyse sind:

	I.	II.	Mittel:	Verhältnis:		Proc. der basischen Monoxyde:	
SiO_2	56,13	56,36	56,25	0,938	0,938	—	
TiO_2	0,00	—	0,00	—			
Al_2O_3	1,24	—	1,24	0,012	0,017	—	
Fe_2O_3	0,74	0,82	0,78	0,005			
FeO	5,50	—	5,50	0,076	0,935	8,1	65,5
MnO	0,48	—	0,48	0,007		0,9	
MgO	21,18	21,20	21,19	0,529		56,5	
CaO	12,15	12,00	12,08	0,216		23,1	23,7
K_2O	0,29	0,28	0,28	0,003		0,3	
Na_2O	0,19	0,18	0,19	0,003		0,3	
H_2O	1,89	1,73	1,81	0,100		10,7	
F_2	0,04	—	0,04	0,001		0,1	
			99,84			100,0	

Der Fluorgehalt ist so gering, daß eine deutliche qualitative Reaction nicht erhalten wurde.

IV. Aktinolith von Russell, St. Lawrence Co., New York. Handstück Nr. 424, Brush Collection. Das für die Analyse ausgewählte Handstück ist ein typischer Amphibol, wie er über ein großes Gebiet im St. Lawrence Co. sich findet. Die analysierte Probe bestand aus Krystallen, 2—4 cm im Durchmesser, mit den Formen $m\{110\}$, $e\{130\}$, $b\{010\}$, $r\{011\}$; gelegentlich auch mit $i\{031\}$ (Fig. 1). Die Farbe ist dunkelgrün; kleine Splitter erscheinen ziemlich hellfarbig und sind durchsichtig. Das gepulverte Material schwamm bei 3,102 und sank bei 3,081; das Mittel ist also 3,092. Die Resultate der Analyse sind:

Fig. 1.



	I.	II.	Mittel:	Verhältnis:		Proc. der basischen Monoxyde:	
SiO_2	54,85	54,75	54,80	0,913	0,914	—	
TiO_2	0,10	—	0,10	0,001			
Al_2O_3	2,56	2,59	2,58	0,025	0,041	—	
Fe_2O_3	2,40	2,60	2,50	0,016			
FeO	4,68	4,82	4,75	0,066	0,913	7,30	63,2
MnO	Spur	—	Spur	—		—	
MgO	20,24	20,36	20,30	0,507		55,9	
CaO	12,19	11,97	12,08	0,216		23,8	25,5
K_2O	0,24	—	0,24	0,003		0,3	
Na_2O	0,82	—	0,82	0,013		1,4	
H_2O	1,56	1,64	1,60	0,088		9,1	
F_2	0,77	—	0,77	0,020		2,2	
Verl. bei 100°	—	—	0,11			100,0	
			100,65				
	$O = F_2$		0,32				
			100,33				

V. Aktinolith aus den Gruben von Kragerö, Norwegen. Das Material für die Analyse lieferte ein großer, gestreifter prismatischer Krystall ohne Endflächen; Prof. W. C. Brögger hatte ihn der Brush Collection geschenkt. Die Farbe war dunkel olivgrün; Bruchstücke waren hell gefärbt. Das Material schwamm bei 3,180 und sank bei 3,094; das Mittel ist 3,137. Die Resultate der Analyse sind auf S. 244 oben angegeben.

VI. Aktinolith von Pierrepont, St. Lawrence Co., New York. Das Handstück, das das Material für die Analyse lieferte, hatte der Eine von uns gesammelt, gelegentlich einer mineralogischen Arbeit für die U. S. Geol. Survey; dem Director sind wir für die Erlaubnis zur Benutzung des Stückes zu Dank verpflichtet. Der Habitus der Krystalle (Fig. 2, S. 244) ist ungewöhnlich; da die Krystalle aufgewachsen waren, war die Ausbildung

	I.	II.	Mittel:	Verhältnis:		Proc. der basischen Monoxyde:	
SiO_2	57,07	51,64	51,85	0,864	0,880	—	
TiO_2	1,26	—	1,26	0,016			
Al_2O_3	4,36	4,37	4,36	0,043	0,059	—	
Fe_2O_3	2,58	—	2,58	0,016			
FeO	5,46	—	5,46	0,075		8,6	64,8
MnO	0,33	0,37	0,35	0,005		0,5	
MgO	19,35	19,61	19,48	0,487		55,7	
CaO	10,40	10,81	10,60	0,189		21,6	26,1
K_2O	0,35	—	0,35	0,004		0,5	
Na_2O	2,15	—	2,15	0,035		4,0	
H_2O	1,35	1,33	1,21	0,067		7,7	
F_2	0,46	—	0,46	0,012		1,4	
Verl. bei 110°	—	—	0,13			100,0	
			100,24				
	$O = F_2$		0,22				
			100,02				

an beiden Enden nicht wahrzunehmen.

Fig. 2.

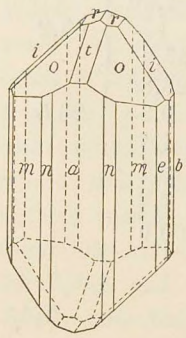


Fig. 3.

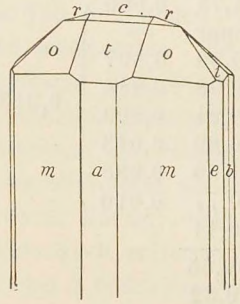


Fig. 3 zeigt ein Ende eines Zwillingskrystalles. Die verhältnismäßig zahlreichen Formen sind: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $n\{310\}$, $m\{110\}$, $e\{130\}$, $r\{011\}$, $i\{031\}$, $t\{101\}$, $o\{121\}$. Wir vermuteten anfangs, es könnte vielleicht die ungewöhnliche Ausbildungsweise mit Besonderheiten in der chemischen Zusammensetzung in Verbindung stehen; die Analyse stützte unsere Vermutung nicht. Die Farbe ist dunkel grünlichschwarz. Das Pulver schwamm bei 3,115 und sank bei 3,107; das mittlere spec. Gewicht ist also 3,111.

(Siehe die Tabelle auf S. 245 oben.)

Diskussion der Analysen von Tremolit und Aktinolith. Tremolit und Aktinolith bilden eine Gruppe für sich, da sie in den Molekularverhältnissen etwas abweichen von anderen Varietäten mit höherem Procentgehalt an Sesquioxyden (Al_2O_3 und Fe_2O_3), welche später zu betrachten sind; deswegen erscheint es am besten, die eben angeführten Analysen sogleich zu erörtern. In erster Linie ist das Verhältnis von SiO_2 zu den basischen Monoxyden, einschließlich K_2O, Na_2O, H_2O, F_2 zu beachten. Die Verhältnisse sind in der zweiten Tabelle auf S. 245 angegeben.

	I.	II.	Mittel:	Verhältnis:		Proc. der basischen Monoxyde:	
SiO_2	52,58	52,05	52,31	0,872	0,876	—	
TiO_2	0,25	—	0,28	0,004			
Al_2O_3	2,72	2,66	2,69	0,026	0,045	—	
Fe_2O_3	3,32	2,85	3,09	0,019			
FeO	6,83	6,53	6,68	0,093	0,917	10,1	63,8
MnO	0,70	—	0,70	0,010		1,1	
MgO	19,12	19,42	19,27	0,482		52,6	
CaO	11,88	11,88	11,88	0,212		23,1	25,0
K_2O	0,50	—	0,50	0,005		0,6	
Na_2O	0,78	—	0,78	0,012		1,3	
H_2O	1,55	1,45	1,42	0,079		8,6	
F_2	0,93	—	0,93	0,024		2,6	
Verl. bei 110°	—	—	0,08			100,0	
			100,59				
	$O = F_2$		0,39				
			100,20				

		SiO_2	:	$\overset{III}{R_2O_3}$	:	$\overset{II}{RO}+F_2$	SiO_2	:	$\overset{II}{RO}+F_2$
Tremolit	I. Richville	0,957	:	0,014	:	0,958	1	:	1,001
	II. Lee	0,963	:	0,018	:	0,954	1	:	0,991
Aktinolith	III. Greiner	0,938	:	0,017	:	0,935	1	:	0,997
	IV. Russell	0,914	:	0,041	:	0,908	1	:	0,993
	V. Kragerö	0,880	:	0,059	:	0,874	1	:	0,993
	VI. Pierrepont	0,876	:	0,045	:	0,923	1	:	1,05

Bei den fünf ersten Analysen ist $SiO_2 : \overset{II}{RO} + F_2$ fast genau 1 : 1. Es ist zu erwähnen, daß so große Annäherung selten bei Mineralanalysen erreicht wird. Wir schließen daraus, daß die untersuchten Materialien sehr rein und die Analysen ohne Ausnahme gut sind und daß Wasser und Fluor, die früher gewöhnlich unberücksichtigt blieben, in Betracht gezogen werden müssen. Fünf solche Resultate schließen die Möglichkeit aus, daß die große Annäherung des Verhältnisses an 1 : 1 bloß zufällig ist. Analyse VI weicht dadurch ab, daß ein Überschuß von $(\overset{II}{RO} + F_2)$ über SiO_2 vorliegt. Es kann dies von Fehlern in der Analyse, von möglichen Unreinheiten des Materials herrühren oder darin seine Ursache haben, daß das Mineral einen Übergang von Aktinolith zu Hornblende darstellt. Wir werden später zeigen, daß letztere durch einen Überschuß von $(\overset{II}{RO} + F_2)$ über SiO_2 sich auszeichnet. Die Analysen IV, V und VI, die daraus abgeleiteten Verhältnisse und die Procentzahlen für die einzelnen Bestandteile sind so ähnlich, daß man das Mineral von Pierrepont am besten als Aktinolith einreiht. Die Analyse bedarf der Wiederholung.

Die abgeleiteten Verhältnisse der sechs Analysen bestätigen, abgesehen von Fluor, die Theorie von Rammelsberg, daß die Zusammensetzung

durch $RSiO_3 + R_2O_3$ auszudrücken ist; $RSiO_3$ ist dabei $MgSiO_3$, $FeSiO_3$, $CaSiO_3$ und Na_2SiO_3 mit beträchtlichen Mengen von H_2SiO_3, welch letzteres Rammelsberg nicht in Betracht zog. Die Verhältnisse sprechen im allgemeinen auch für die Theorie von Tschermak, abgesehen davon, daß eine nicht unbeträchtliche Menge Wasserstoff in der Formel unterzubringen ist und für Fluor irgendwie Vorsorge getroffen wird. Überdies zeigen die Verhältnisse klar, daß die Auffassung von Tschermak, wonach Natrium als Molekül $Na_2Al_2Si_4O_{12}$ vorhanden ist, ganz unhaltbar ist; es müßte für jedes Na_2O $1Al_2O_3$ und $4SiO_2$ abgezogen werden; die gesamte Kieselsäuremenge würde dadurch vermindert und das Verhältnis 1 : 1 zerstört.

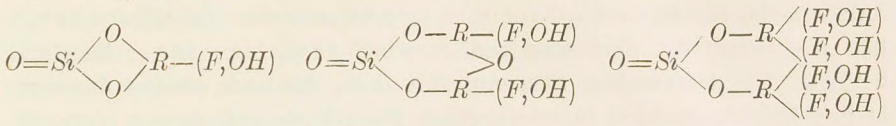
Bei einer großen Anzahl von Mineralien ist Fluor und das isomorphe Hydroxyl mit metallischen Elementen zu Radicalen verbunden, wie $(MgF)'$ oder $(MgOH)'$ (einwertig) und $(AlF)''$ oder $(AlOH)''$ (zweiwertig). Es erscheint wahrscheinlich, daß Fluor und bis zu einem bestimmten Grade Hydroxyl in gewisser Weise in das Amphibolmolekül in Verbindung mit dreiwertigem Aluminium und Eisen eintreten. Auf einem Wege kann man die Anwesenheit sowohl von R_2O_3 wie von Fluor erklären, ohne das Verhältnis 1 : 1 zu zerstören. So kann man z. B. Al_2O_3 und Fe_2O_3 auffassen als verbunden mit F und OH zu den Radicalen:

$$\begin{array}{cccc} -Al-F & -Al-OH & -Fe-F & -Fe-OH \\ \quad\rangle O & \quad\rangle O & \quad\rangle O & \quad\rangle O \\ -Al-F & -Al-OH & -Fe-F & -Fe-OH \end{array}$$

Diese Radicale sind zweiwertig; wenn also F_2 zu den Verhältnissen der Monoxyde tritt, so bedeutet dies die Einführung von Al_2 (oder Fe_2) in das Molekül; wenn F_2 nicht vorhanden oder nicht genügend vorhanden ist, so bringt $(OH)_2$, aus H_2O, dasselbe Resultat hervor. Sind also die auf S. 238 auseinandergesetzten Anschauungen richtig, daß nämlich Amphibol ein Salz einer complexen Metakieselsäure ist, so können wir jetzt die Annahme machen, daß ein Teil der Wasserstoffatome der Säure durch zweiwertige Radicale mit Aluminium und dreiwertigem Eisen in Verbindung mit Fluor oder Hydroxyl vertreten ist. Diese zweiwertigen Radicale gelten hiernach als isomorph mit Fe und Mg. Es kann die Frage aufgeworfen werden, warum die Radicale $[R_2'''OF_2]''$ und $[R_2'''O(OH)_2]''$ und nicht andere gewählt wurden, z. B. $[R'''F]''$ oder $[R'''F_2]'$, bez. die entsprechenden Hydroxylverbindungen. Die Antwort ist einfach, weil nur die ersteren dem Verhältnis von SiO_2 zu den Monoxyden = 1 : 1, wie es die Analysen zeigen, genügen.

Da jedoch die Beträge von Al_2O_3 und Fe_2O_3 bei Tremolit und einigen Varietäten von Aktinolith klein sind, so würde die Annahme der Radicale $R'''(F, OH)]''$ oder $[R'''(F, OH)_2]'$ die Verhältnisse in manchen Fällen nicht berühren. Zum Vergleich seien die möglichen Fluor-Hydroxylradicale drei-

wertiger Elemente in Verbindung mit Metakieselsäure im folgenden zum Ausdruck gebracht:



Nach der ersten Annahme, wo R''' in das Molekül in einem zweiwertigen Radicale $[R-(F,OH)]''$ eintritt, würden die Monoxyde, wie sie auf S. 245 angegeben sind, anwachsen; beim letzten Radical $[R_2(F,OH)_4]''$ würden sie vermindert. Die resultierenden Verhältnisse wären:

	SiO_2	:	$R''O + [R'''(F,OH)]''O$	SiO_2	:	$R''O + [R'''(F,OH)_2]'_2O$
I.	1	:	1,02	1	:	0,98
II.	1	:	1,01	1	:	0,97
III.	1	:	1,02	1	:	0,98
IV.	1	:	1,04	1	:	0,95
V.	1	:	1,06	1	:	0,93

In den drei ersten Analysen sind die Verhältnisse nicht schlecht, aber sie befriedigen nicht in den beiden letzten. Überdies reicht für die letzte Annahme bei Analyse V Fluor und Hydroxyl nicht aus. Der Hauptbeweis ruht auf den genaueren Verhältnissen, wie sie auf S. 245 angegeben sind, und auf der Annahme, daß die Sesquioxyde als zweiwertige Radicale, entsprechend $[R_2''O(F,OH)_2]''$ in das Metasilicatmolekül eintreten.

Es ist von Interesse zu wissen, in welchem Umfange die Wasserstoffatome der Amphibolsäure ersetzt sind. Nach der lange üblichen Formel für Tremolit, $Mg_3CaSi_4O_{12}$, sind drei Viertel oder 75 % durch Mg, der Rest durch Ca vertreten, während man annimmt, daß beim Aktinolith die isomorphen Elemente Fe, Mn, Mg zusammen drei Viertel des Wasserstoffs vertreten. In Procenten drückt sich diese Vertretung bei den Analysen in folgender Weise aus:

	I.	II.	III.	IV.	V.
$[Fe + Mn + Mg]''$	65,2	64,2	65,5	63,2	64,8
$[Ca + K_2 + Na_2]''$	25,8	25,7	23,7	25,5	26,1
$[R_2'''O(F,OH)_2]''$	1,5[1])	1,9	1,8	4,5	6,7
H_2 im Übersch. von (OH)	6,9	8,2	9,0	6,8	2,4
Ca allein	24,0	24,7	23,1	23,8	21,6

Aus dieser Tabelle ersieht man, daß $(Fe + Mn + Mg)$ nie mehr als 75 % des gesamten Wasserstoffs vertreten und daß die Zahlen fast constant bei ungefähr 65 % liegen. Ca allein vertritt nie 25 % des gesamten Wasserstoffs; rechnet man aber noch die kleinen Werte für K_2 und Na_2 hinzu, so ergibt sich eine beachtenswerte Annäherung an 25 %. Bei Analyse V,

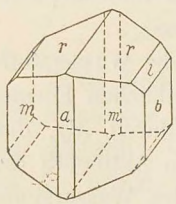
1) Ein geringer Überschuß von Fluor (0,23 %) in der Analyse; siehe S. 259.

wo der Wert für *Ca* allein niedrig ist, gleicht sich die Differenz durch einen hohen Procentgehalt an Na_2O (2,15%) aus, während bei den übrigen Analysen der Gehalt an Na_2O von 0,19 zu 0,82 schwankt (im Mittel 0,54%). Der K_2O-Gehalt ist durchweg gering, von 0,22% bis 0,54%, im Mittel 0,33%. Die dreiwertigen Elemente *Al* und *Fe*, die nach unserer Annahme in das Amphibolmolekül in zweiwertigen Fluor-Hydroxylradicalen eintreten, finden sich mit großen Schwankungen, dementsprechend auch die Mengen Wasserstoff, welche über die für die Hydroxylverbindung von *Al* und *Fe* nötigen Mengen hinaus vorhanden sind.

Edenit—Pargasit—Hornblende.

Der Name Edenit bezeichnet hellgefärbte Amphibolvarietäten mit beträchtlichem Thonerdegehalt. Gemischt sind sie analog den dunkelgefärbten, bisweilen Pargasit genannten Varietäten, welche hohen Eisengehalt zeigen. Beide Arten gehen ohne Grenze in einander und auch in Aktinolith über. Die Namen sind nicht sehr bezeichnend; es ist vielleicht besser, einfach die Bezeichnung Hornblende anzuwenden, als mehrere Namen zu gebrauchen. Wir werden zeigen, daß bei den Hornblenden das Verhältnis von SiO_2 zu den basischen Monoxyden etwas abweicht von dem für Tremolit und Aktinolith ermittelten.

Fig. 4.



VII. Hornblende von Renfrew, Ontario, Canada. Der analysierte Krystall war von ungewöhnlich dunkler Farbe und lebhaftem Glanz und zeigte die Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $r\{011\}$, $i\{031\}$ (Fig. 4, Handstück Nr. 487 der Brush Collection). Bruchstücke, welche analysiert wurden, schwammen bei 3,330 und sanken bei 3,249; das mittlere specifische Gewicht ist also 3,290. Die Analysenresultate sind:

	I.	II.	Mittel:	Verhältn.:		Proc. der bas. Monoxyde:	
SiO_2	43,92	43,60	43,76	0,728	0,738	—	
TiO_2	0,78	—	0,78	0,010			
Al_2O_3	8,35	8,31	8,33	0,081	0,124	—	
Fe_2O_3	6,99	6,80	6,90	0,043			
FeO	10,40	10,54	10,47	0,146	0,797	18,3	58,7
MnO	0,50	—	0,50	0,007		0,9	
MgO	12,67	12,60	12,63	0,315		39,5	
CaO	9,86	9,82	9,84	0,176		22,1	30,8
K_2O	1,28	—	1,28	0,014		1,8	
Na_2O	3,43	—	3,43	0,055		6,9	
H_2O	0,75	0,55	0,65	0,036		4,5	
F_2	1,82	—	1,82	0,048		6,0	
Verl. bei 110°	—	—	0,10			100,0	
			100,49				
$O = F_2$			0,76				
			99,73				

VIII. Hornblende von Edenville, Orange Co., New York. Die großen, schwarzen Krystalle von diesem Vorkommen sind denen von Renfrew sehr ähnlich; die Formen *b*, *m*, *r*, *i* (Fig. 4) sind ebenfalls häufig ausgebildet. Das analysierte Material schwamm bei 3,291 und sank bei 3,278; das Mittel ist 3,285. Die Resultate der Analyse sind:

	I.	II.	Mittel:	Verhältnis:		Proc. der basischen Monoxyde:	
SiO_2	41,92	42,06	41,99	0,699	0,717	—	
TiO_2	1,46	—	1,46	0,018			
Al_2O_3	11,73	11,51	11,62	0,112	0,129	—	
Fe_2O_3	2,54	2,80	2,67	0,017			
FeO	14,28	14,36	14,32	0,199		25,0	
MnO	0,25	—	0,25	0,003		0,4	60,4
MgO	11,21	11,13	11,17	0,279		35,0	
CaO	11,50	11,54	11,52	0,206	0,798	26,0	
K_2O	0,92	1,04	0,98	0,010		1,2	32,2
Na_2O	2,66	2,32	2,49	0,040		5,0	
H_2O	0,66	0,56	0,61	0,038		4,8	
F_2	0,80	—	0,80	0,021		2,6	
Verl. bei 110°	—	—	0,08			100,0	
			99,96				
	$O = F_2$		0,33				
			99,63				

IX. Hornblende von Cornwall, Orange Co., New York. Dies ist eine sehr dunkel gefärbte Hornblende; sie findet sich in Massen größer als eine Walnuß und ohne krystallographische Umgrenzung, eingebettet in ein körniges Aggregat von Quarz und Feldspat. 1842 beschrieb Beck[1]) zum ersten Male dieses Mineral und gab ihm den Namen Hudsonit. J. D. Dana[2]) classificierte es unter Pyroxen. Analysen liegen vor von Brewer[3]) und von Smith und Brush[4]).

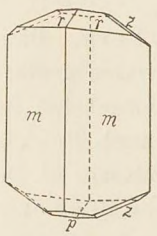
Neuerdings untersuchte Weidman[5]) Material von einem Handstücke aus der Brush Collection (Nr. 139). S. R. Horton, welcher zuerst das Mineral fand und Beck das Material für die erste Beschreibung lieferte, hatte 1853 das Mineral an Prof. Brush gesandt. Penfield fand den Prismenwinkel zu 55° 31′. Weidman beschrieb eingehend die optischen Eigenschaften und führt auch eine Analyse von J. L. Nelson von der chemischen Abteilung der Universität Wisconsin an. Im Rohre gab das Mineral bei hoher Temperatur Wasser ab; dieses reagiert deutlich sauer und gleichzeitig scheidet sich Kieselsäure ab, was auf die Anwesenheit von

1) Min. N. Y. 1842, 405.
2) System of Mineralogy 2. Aufl., 1844.
3) Danas Mineralogy 3. Aufl., 269.
4) Amer. Journ. Sci. 1853, **16**.
5) Amer. Journ. Sci. 1903, **15**, 227; diese Zeitschr. **41**, 192.

Fluor hindeutet. Wir vervollständigten also die Analyse von Nelson und fanden 0,27 % Fluor. Wir vermuteten die Anwesenheit von Fluor auch aus dem Grunde, weil die Analyse hinsichtlich der zu erwartenden Verhältnisse nicht mit den neuen Auffassungen stimmte. Die Analyse von Nelson, modificiert durch die Einführung von 0,27 % Fluor, ist folgende:

		Verhältnis:		Proc. der basischen Monoxyde:	
SiO_2	36,86	0,614	0,627	—	
TiO_2	1,04	0,013			
Al_2O_3	12,10	0,119	0,165	—	
Fe_2O_3	7,41	0,046			
FeO	23,35	0,324	0,709	45,9	53,2
MnO	0,77	0,005		0,7	
MgO	1,90	0,047		6,6	
CaO	10,59	0,189		26,6	35,7
K_2O	3,20	0,013		1,8	
Na_2O	1,20	0,052		7,3	
H_2O	1,30	0,072		10,1	
F_2	0,27	0,007		1,0	
	99,99			100,0	
$O = F_2$	0,11				
	99,88				

Fig. 5.



X. Hornblende vom Monte Somma, Italien. Das analysierte Material stammte von einem Handstücke, das ein Aggregat kleiner grünlichschwarzer Krystalle zeigte. Viele davon hatten lebhaft glänzende Endflächen, die Formen sind $m\{110\}$, stark gestreift, $r\{011\}$, $p\{\bar{1}01\}$ und bisweilen $z\{\bar{1}21\}$ (Fig. 5). Das analysierte Material schwamm bei 3,310 und sank bei 3,255; das mittlere specifische Gewicht ist 3,283. Die Resultate der Analyse sind:

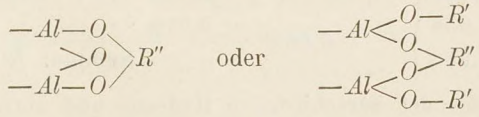
	I.	II.	Mittel:	Verhältnis:		Proc. der basischen Monoxyde:	
SiO_2	39,41	39,55	39,48	0,658	0,662	—	
TiO_2	0,30	—	0,30	0,004			
Al_2O_3	12,71	13,27	12,99	0,127	0,172	—	
Fe_2O_3	7,30	7,21	7,25	0,045			
FeO	10,73	—	10,73	0,149	0,759	19,6	59,3
MnO	1,14	0,85	1,00	0,014		1,9	
MgO	11,76	11,17	11,47	0,287		37,8	
CaO	12,10	11,95	12,01	0,214		28,2	35,1
K_2O	2,39	—	2,39	0,025		3,3	
Na_2O	1,72	1,68	1,70	0,027		3,6	
H_2O	0,82	0,95	0,76	0,042		5,5	
F_2	0,05	—	0,05	0,001		0,1	
Verl. bei 170°	—	—	0,12			100,0	
			100,25				
		$O = F_2$	0,02				
			100,23				

Die in den Analysen VI—X dargestellten Hornblenden bilden eine Gruppe für sich, die zunächst betrachtet werde. Der Unterschied gegenüber der Tremolit-Aktinolithgruppe besteht darin, daß das Verhältnis $SiO_2 : RO$ nicht 1 : 1 ist, sondern ein Überschuß von RO über SiO_2 vorhanden ist; mit der Zunahme von RO steht eine gleichzeitige Zunahme von Al_2O_3 und Fe_2O_3 in Verbindung. Die Verhältnisse ersieht man am besten aus folgender Übersicht, welche die R_2O_3-Quotienten (die Summe, die man erhält, nachdem man die Procentzahlen von Al_2O_3 und Fe_2O_3 durch die entsprechenden Molekulargewichte dividiert hat) neben den Verhältnissen für $SiO_2 : RO$ enthält; RO umfaßt hierbei auch Na_2O, K_2O, H_2O und F_2.

	R_2O_3-Quotienten:	SiO_2		RO
VI. Pierrepont	0,045	1	:	1,05
VII. Renfrew	0,124	1	:	1,08
VIII. Edenville	0,129	1	:	1,10
IX. Cornwall	0,165	1	:	1,11
X. Monte Somma	0,172	1	:	1,14

Die erste Analyse bildet ein Bindeglied zwischen der Aktinolith- und Hornblendegruppe. Gegenüber Analyse V findet man keine wesentlichen Unterschiede. Im Mineral von Pierrepont findet man nur einen geringen Überschuß von RO; dazu kommt ein geringerer R_2O_3-Quotient als beim Aktinolith von Kragerö. Wie schon erwähnt, gehen die beiden Gruppen unmerklich in einander über. Die anderen Analysen weichen beträchtlich von den bisher erörterten ab; die untersuchten Proben sind alle von dunkelgrüner bis schwarzer Farbe, deren Ursache im Eisengehalte liegt. Die Procente der Sesquioxyde sind hoch, über 20 % in IX und X; der Überschuß von RO ist sehr bemerkenswert. Einen anderen deutlichen Unterschied findet man, wenn man die Kieselsäureprocente vergleicht. Von 57,5 % im Tremolit nimmt der Kieselsäuregehalt ab bis zu 37 % in Analyse IX.

Wenn die Mineralien der Amphibolgruppe alle als Salze derselben Säure gelten sollen, so müssen wir uns über den Eintritt von Sesquioxyden und wachsenden Mengen von Monoxyden in das Amphibolmolekül Rechenschaft geben können. Es kann dies dadurch geschehen, daß wir neben dem schon erörterten Fluor-Hydroxylradical $[R'''_2O(F,OH)_2]''$ noch andere Radicale annehmen, welche sowohl R_2O_3 wie RO enthalten. Wir können also die folgende Thonerde-, bezw. die entsprechenden Eisenoxydradicale betrachten:



Es soll nun gezeigt werden, daß eine Ähnlichkeit besteht zwischen den

basischen Hornblenden und den Gliedern der Tremolit-Aktinolithgruppe, wenn man die Existenz gewisser zweiwertiger basischer Radicale der eben angedeuteten Art annimmt und voraussetzt, daß diese die Wasserstoffatome der Hornblendesäure vertreten. Es ist hierbei zuerst abzuziehen von den Verhältnissen das Alumo-Fluor-Hydroxylradical $\begin{matrix} -Al-(F,OH) \\ >O \\ -Al-(F,OH) \end{matrix}$, wie wir es schon bei der Tremolitgruppe kennen lernten. Dann ist abzuziehen ein Radical vom Typus $\begin{matrix} -Al<^{O-Na}_{O} \\ >(Fe,Mg) \\ -Al<^{O}_{O-Na} \end{matrix}$. In den meisten Fällen werden diese beiden Radicale ausreichen und alle Sesquioxyde umfassen und die Monoxyde werden in der der Formel $RSiO_3$ entsprechenden Menge zurückbleiben. Bei einer Analyse (X) scheint ein drittes Radical $\begin{matrix} -Al-O \\ >O \\ -Al-O \end{matrix}\!\!>R$ nötig zu sein. Die Rechnung gestaltet sich in folgender Weise. Zuerst zieht man vom Gesamtverhältnis das Alumo-Fluor-Hydroxylradical mit der äquivalenten Menge SiO_2, also SiO_2, Al_2O_3 und (F,OH) im Verhältnis 1 : 1 : 1, dann das basische Radical mit Al_2O_3, $(Fe,Mg)O$ und Na_2O mit der äquivalenten Menge SiO_2 im Verhältnis 1 : 1 : 1 : 1 ab. Dann kann man berechnen, wie der gesamte Wasserstoff durch die verschiedenen zweiwertigen Radicale und die verschiedenen Basen vertreten ist; man achte darauf, daß Calcium, bisweilen neben Spuren von Natrium und Kalium, 25 % oder ein Viertel der gesamten Wasserstoffatome der Amphibolsäure vertritt, wie bei der Tremolitgruppe. Daß dies bloß Zufall sein soll, erscheint nur schwer möglich; es spricht doch wohl für die vorgebrachte Theorie. Die Resultate der Berechnung sind:

Analyse VII, Renfrew, Canada.

	Verhältnisse	$\left[\begin{matrix} Al-(F,OH) \\ >O \\ Al-(F,OH) \end{matrix}\right]''$	Rest	$\left[\begin{matrix} Al<^{O-Na}_{O} \\ >R \\ Al<^{O}_{O-Na} \end{matrix}\right]''$	Rest	
$[Si,Ti]O_2$	0,738	−0,065	0,673	−0,059	0,614	
$[Al,Fe]_2O_3$	0,124	−0,065	0,059	−0,059	—	
$[Fe,Mn,Mg]O$	0,468		0,468	−0,059	0,409	
CaO	0,176		0,176		0,176	0,186
$[K,Na]_2O$	0,069		0,069	−0,059	0,010	
H_2O	0,036	−0,065	0,019		0,019	
F_2	0,048			Summe: RO =	0,614	

Das Verhältnis der verschiedenen Radicale und übrigen Basen bei der vorhergehenden Analyse ist:

	Verhältnisse	%
$[Al_2O(F,OH_2]''O$	0,065	8,8
$[Al_2O_4RNa_2]''O$	0,059	8,0
$[Fe,Mn,Mg]O$	0,409	55,4
$[Ca,Na_2]O$	0,186	25,2
H_2O	0,019	2,6
	0,738	100,0

Alles Fluor und über die Hälfte des Wasserstoffes wird also zur Bildung des Alumo-Fluor-Hydroxylradicals verbraucht; Natrium reicht aus, um das zweite basische Radical zu bilden; Calcium mit etwas Natrium ist hinreichend, um 25 % der Wasserstoffatome der Amphibolsäure zu vertreten.

Analyse VIII, Edenville, N. Y.

	Verhältnisse	$\left[\begin{matrix}Al-(F,OH)\\ >O\\ Al-(F,OH)\end{matrix}\right]''$	Rest	$\left[\begin{matrix}Al<^{O-Na}_{O}\\ O>R\\ Al<^{O}_{O-Na}\end{matrix}\right]''$	Rest
$[Si,Ti]O_2$	0,717	−0,051	0,666	−0,078	0,588
$[Al,Fe]_2O_3$	0,129	−0,051	0,078	−0,078	—
$[Fe,Mn,Mg]O$	0,481	—	0,481	−0,078	0,403
CaO	0,209	—	0,209	−0,078	0,181
$[K,Na]_2O$	0,050	—	0,050		
H_2O	0,030	−0,051	—	Summe: $RO = 0{,}584$	
F_2	0,021				

Verhältnis der Radicale und übrigen Basen:

	Verhältnisse	%
$[Al_2O(F,OH)_2]''O$	0,051	7,1
$[Al_2O_4RNa_2]''O$	0,078	11,0
$[Fe,Mn,Mg]O$	0,403	56,5
CaO	0,181	25,4
		100,0

Alles Fluor und Wasser ist nötig zur Bildung des Alumo-Hydroxylradicals; Natrium reicht nicht ganz aus für das zweite basische Radical, so daß man einen Teil des am nächsten verwandten Bestandteiles, *Ca*, heranziehen muß. Im bleibenden Rest ist das Verhältnis $SiO_2 : RO = 0{,}588 : 0{,}584$ oder $1 : 0{,}992$; abermals reicht der Rest des Calciums für 25 % der Wasserstoffatome der Amphibolsäure aus.

Analyse IX, Cornwall, N. Y., Hudsonit.

	Verhältnisse	$\left[\begin{matrix}Al—(F,OH)\\ >O\\ Al—(F,OH)\end{matrix}\right]''$	Rest	$\left[\begin{matrix}Al<^{O—Na}_{O}>R\\ Al<^{O}_{O—Na}\end{matrix}\right]''$	Rest
$[Si,Ti]O_2$	0,627	—0,076	0,551	—0,089	0,462
$[Al,Fe]_2O_3$	0,165	—0,076	0,089	—0,089	—
$[Fe,Mn,Mg]O$	0,376	—	0,376	—0,089	0,287
CaO	0,189	—	0,189	—0,089	0,165
$[K,Na]_2O$	0,065	—	0,065		
H_2O	0,072	—0,076	0,003	—	0,003
F_2	0,007			Summe: $RO = 0,455$	

Verhältnis der Radicale und übrigen Basen:

	Verhältnisse	%
$[Al_2O(F,OH)_2]''O$	0,076	12,2
$[Al_2O_4RNa_2]''O$	0,089	14,3
$[Fe,Mn,Mg]O$	0,287	46,3
CaO	0,165	26,6
H_2O	0,003	0,5
	0,620	100,0

Die Deutung dieser Analyse ist ganz entsprechend den früheren.

Analyse X, Monte Somma. Die Analyse zeigt geringen Wassergehalt und nur eine Spur Fluor. Um das Verhältnis $SiO_2 : RO = 1 : 1$ zu erhalten, muß man neben den bisherigen Radicalen noch ein drittes

$$\left.\begin{matrix}Al—O\\ >O\\ Al—O\end{matrix}\right\rangle R''$$

annehmen.

Dann ergibt sich die Interpretation auf S. 255 oben.

Verhältnis der Radicale und übrigen Basen:

	Verhältnisse	%
$[Al_2O(OH)_2]''O$	0,043	6,5
$[Al_2O_3R]''O$	0,032	4,8
$[Al_2O_4RNa_2]''O$	0,097	14,7
$[Fe,Mn,Mg]O$	0,321	48,5
CaO	0,169	25,5
	0,662	100,0

Abgesehen von dem neuen Radical gestaltet sich die Deutung ganz entsprechend den früheren; auch hier reicht das bleibende Calcium für 25 % des Wasserstoffs der Amphibolsäure aus.

	Verhältnisse	$\left[\begin{matrix}Al-OH\\ >O\\ Al-OH\end{matrix}\right]''$	Rest	$\left[\begin{matrix}Al-O\\ >O\\ Al-O\end{matrix}>R\right]''$	Rest	$\left[\begin{matrix}Al<\begin{matrix}O-Na\\ O\\ O-Na\end{matrix}\\ Al<\begin{matrix}O\\ O\\ O-Na\end{matrix}>R\end{matrix}\right]$	Rest
$[Si,Ti]O_2$	0,662	−0,043	0,619	−0,032	0,587	−0,097	0,490
$[Al,Fe]_2O_3$	0,172	−0,043	0,129	−0,032	0,097	−0,097	—
$[Fe,Mn,Mg]O$	0,450	—	0,450	−0,032	0,418	−0,097	0,321
CaO	0,214	—	0,214	—	0,214	−0,097	0,169
$[K,Na]_2O$	0,052	—	0,052	—	0,052	−0,097	
H_2O	0,042	−0,043	—	—	—	—	—
F_2	0,001						

Summe: $RO = 0{,}490$

Zunächst wollen wir unser Augenmerk auf einige Hornblendevarietäten richten, welche nicht zu den bisher beschriebenen beiden Gruppen stimmen.

XI. Basaltische Hornblende von Bilin, Böhmen. Das ist vielleicht das best bekannte Vorkommen aller basaltischen Hornblenden. Es sind große, wohlausgebildete Krystalle, gewöhnlich mit den Formen $m\{110\}$, $b\{010\}$, $r\{011\}$, $p\{\bar{1}01\}$, in einer Ausbildung, daß ein hexagonales Prisma mit rhomboëdrischer Endigung erscheint. Das Material für die Analyse stammte von sorgfältig ausgewählten Krystallen; Herr Warren M. Foote aus Philadelphia hatte sie an unser Laboratorium geschickt. Das analy-

sierte Material schwamm bei 3,242 und sank bei 3,210; das Mittel ist also 3,226. Die Resultate der Analyse sind:

	I.	II.	Mittel:	Verhältnis:		Proc. der basischen Monoxyde:	
SiO_2	39,88	40,02	39,95	0,666	0,687	—	
TiO_2	1,70	1,66	1,68	0,021			
Al_2O_3	17,49	17,68	17,58	0,173	0,218	—	
Fe_2O_3	7,25	7,25	7,25	0,045			
FeO	2,18	—	2,18	0,031	0,694	4,5	55,5
MnO	Spur	—	Spur	—		—	
MgO	14,14	14,16	14,15	0,354		51,0	
CaO	12,07	11,86	11,96	0,213		30,7	41,1
K_2O	1,98	—	1,98	0,021		3,0	
Na_2O	3,16	—	3,16	0,051		7,4	
H_2O	0,55	0,53	0,41	0,023		3,3	
F_2	0,03	—	0,03	0,001		0,1	
Verl. bei 110°	—	—	0,13			100,0	
			100,46				
	$O = F_2$		0,01				
			100,45				

Bei dieser Analyse ist zu erwähnen, daß trotz des großen R_2O_3-Quotienten das Verhältnis $SiO_2 : RO = 0{,}689 : 0{,}694 = 1{,}00 : 1{,}01$ oder fast genau gleich 1 : 1 ist, während bei VII—X (S. 251) durchweg ein Überschuß an RO vorhanden ist. Es ist auch von Interesse, daß das Verhältnis dieser Hornblende gleich dem des Granat ist; es ist $SiO_2 : R_2O_3 : RO = 3{,}00 : 0{,}95 : 3{,}03$ oder sehr nahe gleich 3 : 1 : 3..

Zur Deutung dieser Analyse wollen wir neben dem Alumo-Hydroxylradical ein weiteres Radical annehmen, das dem von Analyse X, $[Al_2O_3R]$, ähnlich ist; nur werde in unserem Falle das Radical verdoppelt; ein R sei gleich (Fe, Mg), das andere Na_2 plus ein wenig Ca; oder, da Fluor praktisch nicht vorhanden ist, kann man das Wasser als basisch auffassen und dann braucht man nur ein Radical. Im besonderen sind die Resultate, wenn man (OH) als verbunden mit Aluminium auffaßt:

	Verhältnisse	$\begin{bmatrix} Al—OH \\ >O \\ Al—OH \end{bmatrix}''$	Rest	$\frac{[Al_2O_3(Fe,Mg)]''}{[Al_2O_3(Na_2,Ca)]''}$	Rest
$[Si, Ti]O_2$	0,687	—0,024	0,663	—0,194	0,469
$[Al, Fe]_2O_3$	0,218	—0,024	0,194	—0,194	—
$[Fe, Mg]O$	0,385	—	0,385	—0,097	0,288
CaO	0,213	—	0,213	—0,097	0,188
$[K, Na]_2O$	0,072	—	0,072		—
H_2O	0,023	—0,024	—	—	—
F_2	0,001				

Summe: $RO = 0{,}476$

Oder wenn man den geringen Fluorgehalt vernachlässigt, alles Wasser als basisch betrachtet und also nur das zweite Radical anwendet:

	Verhältnisse	$\frac{[Al_2O_3(Fe,Mg)]''}{[Al_2O_3(Na_2,Ca)]''}$	Rest
$[Si,Ti]O_2$	0,687	—0,218	0,469
$[Al,Fe]_2O_3$	0,218	—0,218	—
$[Fe,Mg]O$	0,385	—0,109	0,276
CaO	0,213	—0,109	0,176
$[K,Na]_2O$	0,072		—
H_2O	0,023	—	0,023
		Summe: RO =	0,475

Verhältnis der Radicale und übrigen Basen:

	Verhältnisse I	% I	Verhältnisse II	% II
$[Al_2O(OH)_2]''O$	0,024	3,4	—	—
$[Al_2O_3R]''O$	0,194	28,0	0,218	31,5
$[Fe,Mg]O$	0,288	41,5	0,276	39,8
CaO	0,188	27,1	0,176	25,4
H_2O	—	—	0,023	3,3
	0,694	100,0	0,692	100,0

I entspricht der Annahme, daß (OH) in Verbindung mit Aluminium vorhanden ist, II dem einen Falle, wonach alles Wasser als basisch betrachtet wird.

Von den beiden Deutungen ist die letztere wahrscheinlich die einfachere; sie bringt den Rest des Calciums näher zu 25% als es in der vorhergehenden Analyse der Fall ist. Es ist auch zu betonen, daß man als Resultat $(Na_2, Ca)(Fe, Mg)Al_4Si_2O_{12}$, eine Formel, die analog dem basischen Alumosilicatmolekül von Tschermak (S. 234) ist, erhält, wenn man das benutzte basische Alumoradical für sich nimmt und mit der äquivalenten Menge Kieselsäure combiniert. Der wesentliche Unterschied in diesem speciellen Falle zwischen Tschermaks Theorie und der unserigen besteht darin, daß, in Übereinstimmung mit dem Früheren, ein bestimmtes basisches Alumo-Silicatmolekül als isomorph mit $Ca(Fe, Mg)_3Si_4O_{12}$ betrachtet wird.

XII. Hornblende aus dem Stadtbezirk von Grenville, Quebec, Canada. Diese Hornblende ist außergewöhnlich durch den hohen Gehalt an Thonerde und Fluor und den geringen Gehalt an Eisen, eine Zusammensetzung, wie man sie nicht oft findet. Analysen liegen vor von Prof. B. J. Harrington[1]), welcher gütigst Material zur Untersuchung sandte und von

1) Amer. Journ. Sci. 1903, **15**, 392; Ausz. diese Zeitschr. **41**, 193.

R. A. A. Johnston[1]) vor. Die Farbe des Minerals ist hellbraun mit etwas rötlichem Ton; es ist ungewöhnlich durchsichtig und zeigt vollkommene prismatische Spaltbarkeit. Harrington gibt das specifische Gewicht zu 3,110 an. Eine neue Analyse von Stanley, der auch die Verhältniszahlen berechnete, bestätigt die Resultate der früheren Analyse.

	Harrington:	Johnston:	Stanley:	Verhältnisse:		Proc. der basischen Monoxyde:	
SiO_2	45,50	46,09	45,79	0,763	0,778	56,5	57,5
TiO_2	0,68	unbest.	1,20	0,015	0,778	—	
Al_2O_3	12,25	12,93	11,37	0,112			
Fe_2O_3	0,28	0,79	0,42	0,003	0,115	—	
FeO	0,75	nicht best.	0,42	0,006			
MnO	0,11	0,36	0,39	0,006		0,6	
MgO	20,63	20,82	21,11	0,528		0,6	57,7
CaO	13,31	12,91	12,71	0,227		56,5	
K_2O	1,76	1,84	1,69	0,018	0,934	24,3	
Na_2O	2,76	2,36	2,51	0,040		2,0	30,5
H_2O	0,40	0,66	0,67	0,037		4,2	
F_2	2,80	2,84	2,76	0,072		3,9	
	101,23	101,60	101,06	—		7,9	
$O = F_2$	1,17	1,19	1,16			100,0	
	100,06	100,41	99,90				

Zunächst ist zu erwähnen, daß bei einem Quotienten der Sesquioxyde von 0,115 das Verhältnis $SiO_2 : RO + F_2$ gleich 1 : 1,20 ist. Es ist dies nicht genau in Übereinstimmung mit den Resultaten aus den Analysen VII—X (S. 251). Die Verhältnisse ändern sich überdies nicht wesentlich, wenn man Titan als Ti_2O_3 annimmt, wobei der in TiO_2 enthaltene Sauerstoffüberschuß eben hinreicht, um FeO und MnO in die Sesquioxyde zu verwandeln; bei der letzteren Deutung wird der Quotient der Sesquioxyde 0,128 und das Verhältnis $SiO_2 : RO = 1 : 1,21$. Bei dem hohen Procentgehalte an Fluor ist man zur Annahme gezwungen, daß ein Teil davon mit einem zweiwertigen Elemente verbunden ist, z. B. mit Magnesium zu einem Radical $[MgF]$; unter dieser Annahme kann man eine Rechnung mit einem Reste erzielen, bei dem $SiO_2 : RO = 1 : 1$. Die Interpretation ist auf S. 259 oben angegeben.

Verhältnis der Resultate und übrigen Basen:

	Verhältnisse	%
$[MgF']_2O$	0,038	4,9
$[Al_2OF_2]''O$	0,034	4,4
$[Al_2O_4RNa_2]''O$	0,081	10,4
$[Fe, Mn, Mg]O$	0,383	49,3
CaO	0,204	26,2
H_2O	0,037	4,8
	0,777	100,0

1) Geol. Surv. of Canada Bd. **13**.

	Verhältn.	$\begin{bmatrix} MgF \\ MgF \end{bmatrix}''$	Rest	$\begin{bmatrix} Al-F \\ >O \\ Al-F \end{bmatrix}$	Rest	$\begin{bmatrix} Al<^{O-Na}_{O} \\ >R \\ Al<^{O}_{O-Na} \end{bmatrix}''$	Rest
$[Si,Ti]O_2$	0,778	−0,038	0,740	−0,034	0,706	−0,081	0,625
$[Al,Fe]_2O_3$	0,115	—	0,115	−0,034	0,081	−0,081	—
$[Fe,Mn,Mg]O$	0,540	−0,076	0,464	—	0,464	−0,081	0,383
CaO	0,227	—	0,227	—	0,227	−0,081	0,204
$[K,Na]_2O$	0,058	—	0,058	—	0,058		—
H_2O	0,037	—	0,037	—	0,037	—	0,037
F_2	0,072	−0,038	0,034	−0,034	—	—	—

Summe: $RO = 0{,}624$

Im Endresultate sind wieder 25 % (etwas mehr) der Wasserstoffatome durch Calcium vertreten.

Bei Analyse I wurde etwas mehr Fluor gefunden, als die Thonerde zur Bildung des Radicals $[Al_2OF_2]''$ braucht; es ist anzunehmen, daß diese Varietät des Tremolit einen kleinen Betrag des Radicals $[MgF]$ enthält.

Zusammenfassung und Schluß.

Betreffs der chemischen Zusammensetzung der Mineralien der Amphibolgruppe kann man eine Erklärung in der Annahme finden, daß ein Metasilicatmolekül, unzweifelhaft von multipler und complexer Natur, die Grundlage bildet. Die gleichförmige Krystallisation der verschiedenen Varietäten mit ihrer stark wechselnden chemischen Zusammensetzung beweist in hohem Grade die Einheitlichkeit in der Structur des sauren Teiles des Moleküles, der einen bestimmenden Einfluß durch die ganze Reihe ausübt und so die Krystallform bedingt. Daß Fluor und Hydroxyl wesentliche Bestandteile des Amphibolmoleküls bilden und als isomorph mit den Monoxyden zu gelten haben, ist durch die Resultate der Analysen endgültig bewiesen. Der beträchtliche Gehalt vieler Amphibole an Sesquioxyden findet seine Erklärung darin, daß die Sesquioxyde in das Metasilicatmolekül in der Form verschiedener basischer, zweiwertiger Radicale eintreten. Es ist naheliegend, daß der Charakter dieser Radicale und der Grad, bis zu dem sie in das Amphibolmolekül eintreten, vom Einfluß des »Masseneffectes«, je nach den Bedingungen, unter denen das Mineral sich gebildet hat, bestimmt wird. Diese Deutung der Amphibolanalysen stützt sich auf folgende Tatsachen: Erstens ist bei den Analysen der einfacheren Varietäten, von Tremolit und Aktinolith, das Verhältnis zwischen RO und SiO_2 sehr scharf 1 : 1; dies weist klar darauf hin, daß die Structur des Moleküls die eines Metasilicates ist; der geringe Gehalt an R_2O_3 kann ohne Zerstörung dieses Verhältnisses nur in der Form des zweiwertigen Radicales $\begin{matrix} -R-(F,OH) \\ >O \\ -R-(F,OH) \end{matrix}$

untergebracht werden. Zweitens weist die Identität der krystallinischen Structur in der ganzen Amphibolreihe mit Nachdruck darauf hin, daß das saure Radical durchweg das gleiche ist. Drittens liefert unter der Annahme, daß zwei oder mehr Radicale, bestehend aus den dreiwertigen Elementen mit kleinen Mengen der basischen Monoxyde, in das Molekül isomorph mit RO eintreten, der nach Abzug dieser Moleküle bleibende Rest das Metasilicatverhältnis $RO : SiO_2 = 1 : 1$. Viertens macht in allen Fällen das Calcium, zusammen mit den geringen Beträgen der Alkalien, sehr nahe 25 % der verschiedenen Radicale und Basen aus oder mit anderen Worten: es vertritt ein Viertel der Wasserstoffatome der Amphibolsäure. Diese Tatsache findet sich zu gleichmäßig bei allen Analysen, als daß man sie als bloßes Zusammentreffen betrachten könnte; sie scheint vielmehr grundlegend für das Amphibolmolekül zu sein und liefert einen der überzeugendsten Beweise für die Richtigkeit unserer Methode, die chemische Constitution des Minerals zu deuten.

Seite

26. *A. J. Moses*, die krystallographischen Eigenschaften des Luzonit und andere krystallographische Untersuchungen 317
27. *F. E. Wright*, die Bestimmung des optischen Charakters von doppelbrechenden Mineralien 318
28. *C. W. Blake* und *P. Brown*, Krystallform einiger Alkali-Tantal-doppelfluoride 319
29. *H. L. Wheeler* und *J. G. Statiropoulos*, Krystallform des 1,4-Diphenyl-3-äthoxy-5-thiourazols 320
30. *E. O. Ulrich* und *W. S. Tangier Smith*, die Blei-, Zink- und Flußspatlager des westlichen Kentucky 320

Herdersche Verlagshandlung zu Freiburg im Breisgau.

Soeben sind erschienen und können durch alle Buchhandlungen bezogen werden:

Werke von Professor Dr. Ernst Weinschenk

in neuen Auflagen:

Die gesteinsbildenden Mineralien. Zweite, umgearbeitete Auflage. Mit 204 Textfiguren und 21 Tabellen. gr. 8°. (X u. 226 S. und 21 Tabellen.) Gebunden in Leinwand *M* 9.—

Grundzüge der Gesteinskunde. Zwei Teile. gr. 8°.

I. Teil: **Allgemeine Gesteinskunde als Grundlage der Geologie.** Zweite, umgearbeitete Auflage. Mit 100 Textfiguren und 6 Tafeln. (VIII u. 228) *M* 5.40; geb. in Leinwand *M* 6.—. Früher ist erschienen:

II. Teil: **Spezielle Gesteinskunde** mit besond. Berücksicht. der geologischen Verhältnisse. Mit 133 Textfiguren u. 8 Tafeln. (VIII u. 332) *M* 9.–; geb. *M* 9.70.

Mikroskop 300 Mk.

sehr billig zu verkaufen. Anfragen postlagernd.

G. Hippen, Gymnasiast in **Aurich,** Ostfr.

Die bisher als »Museum geschliffener Mineralien« geführte, große Sammlung nur geschliffener oder angeschliffener Steine soll freihändig veräußert werden. Preis bei sofortiger Zahlung 8 Tausend Mark

Mortimer Scholtz, Apotheker u. Privatgelehrter,
Breslau X, Kreuzburgerstraße 10, II.

Modelle der Bravais'schen Raumgitter

zur Demonstration der Krystallstructur

zu beziehen durch

Böhm & Wiedemann, München, Karlsplatz 14.

Hoflieferanten Sr. K. H. des Prinzen Ludwig Ferdinand von Bayern.

Chem.-pharmaz. Utensilienhandlung u. mech. Werkstätte.

Großes Format zur Demonstration in Vorlesungen, 14 Modelle 40×40 cm Bodenfläche. **Mk. 200.—.**

Kleines Format, dichtere Besetzung für Praktikum und Selbststudium 20×20 cm Bodenfläche **Mk. 200.—.**

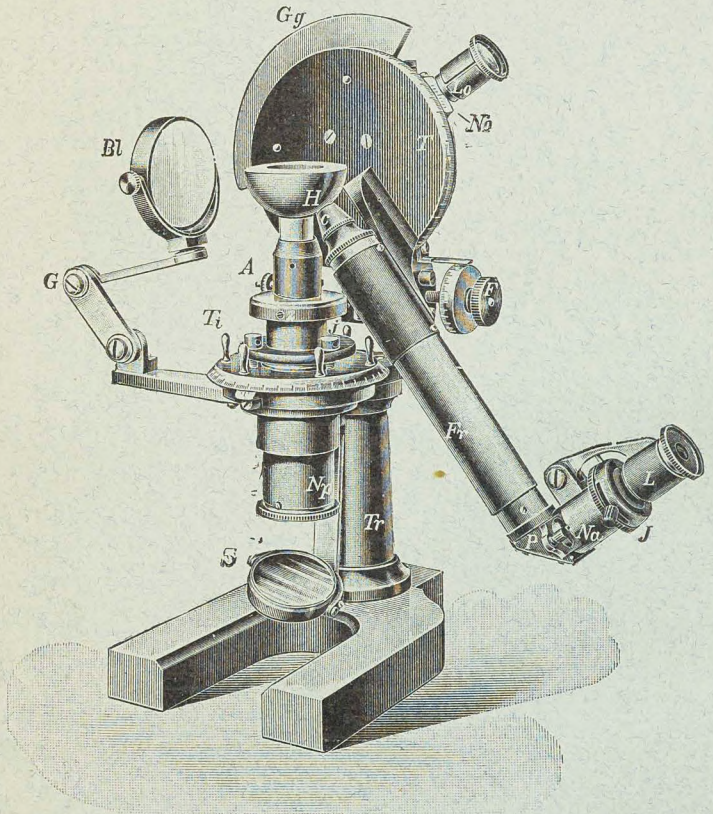
Auf Wunsch werden den Modellen auch Pappmodelle (in entsprechender Größe) der Elementarfiguren der Raumgitter und der zugehörigen Paralleloëder der Raumteilung beigegeben. Preis pro Satz **Mk. 70.—.**

R. FUESS mechanisch-optische Werkstätten

STEGLITZ b. Berlin.

Neues Refractometer zur Bestimmung grösserer und mikroskopisch kleiner Krystalle.

*(**C. Klein**, Sitzungsber. der Berl. Acad. 1902, S. 113 u. S. 653;*
***C. Leiss**, Z. f. Instr. Kunde, 1902 S. 331.)*



Sonderabdrücke der letzgenannten ausführlichen Beschreibung stehen Interessenten, so lange der Vorrat reicht, gern kostenlos zur Verfügung.

Beobachtungs-Fernrohr *Fr* durch Einschalten von *L* zum directen Beobachten des Präparates bei schwacher Vergrösserung eingerichtet. Und diese directe Beobachtung kann von unten her durch die Halbkugel als auch bei vertical gestelltem Fernrohr erfolgen, so dass auch in bequemster Weise **Mineralkörnchen in Gesteinsstücken** untersucht werden können. Zu diesem Zweck ist es nur nöthig, an das betr. Gestein eine kleine Fläche anzuschleifen.

Preis des compl. Instrumentes ohne Schränkchen ℳ 450.—.
Polirtes Mahagonischränkchen für das Instrument ℳ 19.50.

Zur bequemen Ermittelung des Brechungsindices aus dem Grenzwinkel *(w)* der totalen Reflexion ist für die Halbkugel des bei vorgenanntem Refractometer benutzten Glas *(N)* in der Schrift »Die Optischen Instrumente« u. s. w. (Leipzig bei Wilhelm Engelmann erschienen) S. 363—367 eine Tabelle gegeben.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.